

München 1959

Das Formensehen bei Wespen

von

ERWIN EIGNER

D a s F o r m e n s e h e n b e i W e s p e n

Inaugural - Dissertation
zur
Erlangung der Doktorwürde
der
Hohen Naturwissenschaftlichen Fakultät
der
Ludwig-Maximilians-Universität
zu München

vorgelegt
von
Erwin Eigner
aus Straubing
April 1959



Berichterstatter: Prof. Dr. Karl von Frisch
Tag der mündlichen Prüfung: 10. Mai 1959

Inhalt

Seite

Einleitung	
A. Methode und Material	
B. Versuche zur Spontantendenz	
C. Bedeutung der Gliederung bei der Formenwahl	
D. Versuche mit ungegliederten Formen	
1. Unterscheidung vertikaler Formen am Wespennest und am Bienenstock	
2. Bedeutung der Formengröße	
3. Unterscheidung verschieden großer Formen	
4. Bedeutung der Farbe	
5. Ergebnisvergleich von Einzel- und Massenanflügen	
6. Analyse der Formenunterscheidung bei ungeglie- derten vertikalen Formen	
7. Unterscheidung ungegliederter horizontaler For- men	
E. Relative und absolute Wahlen	
Schluß	
Zusammenfassung	
Literatur	

Einleitung

Über das Formensehen der Wespen liegen meines Wissens nur zwei Arbeiten (mit *Vespa silvestris* und *Vespa germanica*) von Verlaïne vor (1927, 1928), nach denen Wespen optische Formen unterscheiden können, die nach den Untersuchungen anderer Autoren von Bienen untereinander verwechselt werden. Verlaïne stellt ferner fest, daß diese Formenunterscheidung vom Helligkeitsgrad, von der Strichstärke, der Größe und der Orientierung der vertikalen Formen zum Flugloch unabhängig ist, was z.T. auch mit den Kenntnissen über die Sinnesleistungen der Bienen in Widerspruch steht. Eigenartig erscheinen auch die Ergebnisse Verlaïnes über die relativen und absoluten Wahlen der Wespen. Bei der Dressur auf Größenunterschiede wählten seine Versuchstiere nämlich relativ, bei der Dressur auf Helligkeitsunterschiede aber absolut. Für diese Leistungen der Wespen macht er Prozesse geltend, die in gewissem Grade der menschlich-intellektuellen Leistung entsprechen würden.

Es ist nicht wahrscheinlich, daß sich die Wespen in ihrem Formensehen völlig anders verhalten als die Bienen,

über die eine reichhaltige Literatur vorliegt. Ich habe darum auf Anregung von Prof. v. Frisch das Formensehen der Wespen erneut untersucht und zum Vergleich auch Bienen mit herangezogen.

Da in unserer Gegend die Gemeine Wespe, *Vespa vulgaris* L., am häufigsten vorkommt, wählte ich diese für meine Versuche. Auf spezielle Literatur wird in den Unterabschnitten verwiesen.

Meinem Lehrer, Herrn Prof. Dr. K. von Frisch, danke ich für das gestellte Thema und für wertvolle Unterstützung.

A. Methode und Material

In den Versuchen legte ich den Wespen vertikale und horizontale Formen am Nest und am Futterplatz vor, auf die die Versuchsanordnungen jeweils abgestimmt wurden.

1. Versuchsanordnung für vertikale Formen am Nest. In einem offenem Holzkasten von 100 x 100 x 100 cm als Anflugsfront und 50 cm Tiefe war ein Kasten mit einem Wespennest aufgestellt. Diese Anordnung war mit hellgrauem Tonpapier verkleidet und hatte fünf Bohrungen von je 2,5 cm Durchmesser, von denen vier im Abstand von 15 cm um die fünfte gelagert waren (Abb.1). Die Wespen flogen sich in der mittleren Öffnung ein. Die übrigen Fluglöcher waren mit Korken verschlossen, deren Außenseiten hellgrauem Tonpapier zeigten. Bei der Dressur und im Versuch blieben meist zwei oder mehr Öffnungen frei. Diese freien Öffnungen wurden mit Formen aus schwarzem Tonpapier (bzw. Farbpapieren), die auf Kartonblätter geklebt waren, oder mit Formen, die aus tiefschwarzem Plakatkarton herausgeschnitten waren, markiert. Aus diesen Formen wurden meist Scheiben von 2,5 cm Durchmesser herausgestanzt und in die Öffnungen unglasierte Porzellanröhren von 10 cm Länge und 2,5 cm Durchmesser gesteckt die mit den Formen eben abschlossen und sie festhielten. Diese Röhren verbanden außerdem den Versuchskasten mit dem Wespennest (Abb.2).

Bei der Dressur mußten die Tiere zwei Formen (auf Abweichungen wird hingewiesen) unterscheiden lernen. Sie lagen meist rechts und links von der mittleren Öffnung, die dann verschlossen war. Die Dressurform kennzeichnete den Weg zum Nest, während die Gegenform in den Versuchskasten führte, den die Tiere wieder verlassen konnten, um erneut anzufliegen. Dressur- und Gegenform wurden regelmäßig in kurzen Zeitabständen (2 - 5 Min.) vertauscht. Dadurch ließ sich eine Ortsdressur ausschalten.

Im Versuch kam die Dressurform an die Stelle der Gegenform, so daß eine eventuelle Bevorzugung dieser Öffnung zu ungunsten der Dressurform ausfallen mußte. Dabei waren die Porzellanröhren vorher stets ausgeglüht und durch neue Formen gesteckt worden, um eine Geruchsorientierung auszuschließen. Auch das Nest wurde entfernt. So kamen die Wespen sowohl bei der Dressur- als auch bei der Gegenform in den Versuchskasten, den sie für eine neue Wahl verlassen konnten. Die Versuche wurden nach

der zweiten oder dritten Minute abgebrochen, da die Tiere später trotz gelungener Dressur auch die Gegenform besuchten. Nach jedem Versuch wurde die Dressur fortgesetzt und erst nach ca. 45 Minuten ein neuer Versuch durchgeführt.

Anstelle des Nestes konnte ich zwischen den zwei Öffnungen im Versuchskasten auch ein Futterschälchen mit Zuckerwasser aufstellen. Die Röhre mit der Gegenform war hier während der Dressur mit einer schwarzen Scheibe versperrt. Bei dieser Methode fiel beim Formenwechsel der gleichzeitig damit verbundene Wechsel des Nestes weg.

Verlaine gewann seine Ergebnisse durch eine ähnliche Versuchsanordnung, die er mit einem Wespennest besetzte. Seine Versuche geben aber manchen Anlaß zur Kritik. Von der Außenwand seines Versuchskastens führte eine Glasröhre, die mit einem langen Gaseschlauch verbunden war, zum Nest. Er entfernte in seinen Versuchen nie das Nest und erwähnt keine Maßnahmen zur Ausschaltung der Geruchsorientierung. Auch macht er nicht immer genaue Angaben über die verwendeten Formen und sagt nichts darüber, ob er seine Versuchsergebnisse ausschließlich nach vorausgegangener Dressur oder durch Transpositionen nach gelungener Dressur gewann. Aus diesen Gründen sind die Verlaineschen Ergebnisse nur mit Vorbehalt in den meinen zu vergleichen.

Im Verlaufe dieser Arbeit wurden auch Versuche mit horizontaler Anordnung der Formen notwendig.

2a. Versuchsanordnung für horizontale Formen am Nest. Für die Dressur auf horizontale Formen am Nest baute ich einen Blechzylinder mit einem Kreisdurchmesser von 50 cm und einer Höhe von 36 cm. Ein weißer Anstrich sollte eine Orientierung an optischen Marken verhindern. In der oberen Kreisscheibe waren drei Bohrungen von je 2,5 cm Durchmesser an den Ecken eines Dreiecks von 17,5 cm Seitenlänge angebracht. (Abb. 3b). Auf dieser Kreisscheibe lag eine Glasplatte mit entsprechenden Bohrungen. Sie konnte mit Alkohol leicht gereinigt werden. Die Formen lagen zwischen Glasplatte und Kreisscheibe. Die Versuchsanordnung wurde stets im Schatten aufgestellt, um Spiegelungen des Glases zu vermeiden. Durch die Bohrungen führte wiederum je eine Porzellanröhre, die Versuchsanordnung und Wespennest verband (Abb. 3a). Die Röhre zum Nest war mit feuchtem Filtrierpapier ausgekleidet, um den Tieren das senkrechte Emporkriechen zu erleichtern. Es wurde während der Dressur mehrmals erneuert, um eine Geruchsorientierung zu vermeiden. Die zwei anderen Röhren führten ins Zylinderinnere, das falsch wählende Wespen durch zwei Bohrungen in der unteren Zylinderwand verlassen konnten (Abb. 4). Der Zylinder stand auf einem elektrisch betriebenen Drehteller (ca. 1,5 Umdrehungen/min.), der den ganzen Tag eingeschaltet war und eine Ortsdressur verhindern sollte.

Für Erdnester mußte eine weitere Anordnung ausgearbeitet werden.

2b. Versuchsanordnung für horizontale Formen am Erdnest. Ein quadratischer Kasten von 50 cm Seitenlänge, 9 cm Höhe und einer Bohrung von 2,5 cm Durchmesser in der Mitte, wurde über ein Erdnest gesetzt. In der Bohrung steckte eine kleine Papierröhre, die während der Dressur mehrmals erneuert wurde (Vermeidung einer Geruchsorientierung). Kastenwand und natürliches Flugloch verband eine etwas weitere Papierröhre (Abb. 5). Im Versuch ersetzte die Dressuranordnung ein Kasten gleicher Größe mit vier Öffnungen in quadratischer Anordnung im Abstand von 20 cm (Abb. 7). Beide Kästen waren mit weißem Filtrierpapier überzogen. Über den Öffnungen lagen die Formen mit zentrischem Flugloch (1 cm Durchmesser).

Während Verläine seine Versuche nur am Nest ausführte, ergaben sich im Verlaufe meiner Arbeit neue Möglichkeiten.

3. Versuchsanordnung für horizontale Formen am Futterplatz. Bei zahlreichem Auftreten lassen sich die Wespen auch auf ein offen aufgestelltes Schälchen mit Zuckerwasser dressieren.

Nachdem eine bestimmte Anzahl von Tieren den Futterplatz regelmäßig frequentierte, stellte ich das Futterschälchen auf ein mit weißem Papier überzogenes Brettchen neben die Dressurform und setzte in 20 cm Abstand davon ein weiteres Schälchen mit Wasser neben die Gegenform. Zwischen Formen und Schälchen lag eine Glasplatte, die während der Dressur mehrmals mit Alkohol gereinigt und beim Versuch durch eine sorgfältig gereinigte, zusammen mit sauberen Schälchen, ersetzt wurde (Abb. 6). Durch regelmäßiges Drehen der Anordnung auf einem Drehteller schloß ich auch hier eine Ortsdressur aus. Da die Anordnung stets im Schatten stand, wurden Spiegelungen der Glasplatte ausgeschaltet.

Das Zählen der Anflüge auf die Formen wurde durch die Kästchenmethode erleichtert. Ich dressierte die Wespen dabei in ein Kartonkästchen (10 x 10 x 10 cm), das durch einen Deckel geöffnet werden konnte. Das Flugloch war seitlich oder oben angebracht, und die Anflugsfront mit weißem Karton verkleidet, der die Formen mit dem zentrischen Flugloch trug. Um auch hier eine Ortsdressur auszuschalten, wechselte ich ständig die Kästchenstandorte. Im Versuch wurden neue Kästchen mit neuen Formen aufgestellt, wobei das Futterschälchen fehlte.

4. Material. Die Wespennester entstammten meist dem Bayerischen Wald, wo ich sie regelmäßig an den Dachbalken von Wohnhäusern und Schuppen fand. Ich verstopfte dabei am Abend, wenn die Mehrzahl der Tiere im Nest war, mit einem Wattebausch das Flugloch und schnitt sodann das Nest mit einem Teil der Unterlage ab. Mit Uhu-Alles-Kleber befestigte ich es anschließend an einem schmalen Brettchen, das ich nach einiger Zeit auf zwei Leisten 2 cm unterhalb der Decke eines Holzkästchens von 20 x 20 x 20 cm Kantenlänge schob. Das Aufkleben außerhalb des Kästchens war notwendig, weil die Dämpfe des Klebstoffs als Narkotikum wirkten und Brut wie Imagines getötet hätten. In den beschriebenen Kästchen ließen sich die Wespen bei ausreichender Fütterung mit Honig und Fliegen einige Tage halten

und transportieren. Meist stellte ich aber den Wespenkasten schon am Abend des zweiten Tages nach der Nestabnahme auf und ließ die Wespen auf die Versuchsanordnung einfliegen. Die Tiere gewöhnten sich immer sehr schnell an ihren neuen Standort. Nach ein bis zwei Tagen brachten sie bereits Baumaterial und Futter heim. Damit war der Zeitpunkt für die Dressuren gekommen.

B. Versuche zur Spontanendenz

An einem Erdnest prüfte ich, welche Formen die Wespen bevorzugen, wenn den Versuchen keine Dressur auf Formen vorzuzuging. Dazu setzte ich auf die Einflugsöffnung den in Abb. 5 dargestellten Versuchskasten mit 4 verschiedenen Strahlenformen (Abb. 7), von denen die Wespen in 5 Versuchen die konturreichsten Formen mit 12 und 24 Sektoren wählten. Die prozentuale Verteilung der Anflüge gibt Abb. 8 wieder.

Zur weiteren Klärung dieser Frage mußten sich die Tiere eines anderen Erdnestes zwischen 4 verschiedenen Schachbrettmustern entscheiden. Die Formen zeigten 2, 8, 32 und 128 schwarze Quadrate auf quadratischen Kartons von 10 cm Seitenlänge. Auch hier befliegen in 4 Versuchen die Wespen eindeutig die konturreichsten Formen (Abb. 9a).

Nun wurde eine markierte Wespenschar zwei Tage auf einem, mit weißem Papier überzogenen Tischchen (Größe: 30 x 20 cm) mit Zuckerwasser gefüttert und hatte dann in 4 Versuchen zwischen den bereits oben genannten Strahlenformen zu entscheiden. Die Wespen bevorzugten auch am Futterplatz die konturreicheren Formen (Abb. 10), was Zerrahn (1934) auch bei Bienen feststellte. Da nur die Frage der Spontanwahl interessierte, wurden die Versuche abgebrochen.

Dagegen hatte ich die ersten Versuche zur Untersuchung der Spontanendenz mit Strahlenformen länger fortgesetzt. Dabei ließ ich aber den Versuchskasten über dem Erdnest stehen, deckte das Flugloch mit einem weißen Karton ab, so daß es die einfliegenden Tiere nicht sehen konnten (Die Wespen mußten seitlich von dem abdeckenden Karton zum Nest laufen). Während bei dieser Anordnung anfangs die konturreicheren Formen noch eindeutig angefliegen wurden, verringerte sich der Unterschied im Einflugsverhältnis immer mehr, bis sich am fünften Tag nach Beginn dieser Versuche die Anflüge gleichmäßig auf die Formen verteilten. Dann wurden auch hier, wie am Futterplatz, die Versuche abgebrochen. Sie deuten aber an, daß durch fortlaufende Dressur (hier auf eine formenfreie Fläche) die Spontanendenz ausgeschaltet werden konnte.

Diese Beobachtungen stimmen auch mit den folgenden Ergebnissen überein. Eine Wespenschar war in ein Kartonkästchen mit horizontalem Flugloch (weißer Karton als Anflugsfront) dressiert worden und mußte in 5 Versuchen die bereits erwähnten Strahlenformen mit zentrischem Flugloch unterscheiden. Dabei befliegen die Wespen bevorzugt die konturärmsten Formen (Abb. 11).

Nach diesen Ergebnissen scheint die Dressurdauer bei den Versuchen am Futterplatz zu kurz gewesen zu sein, weshalb die

Spontantendenz, trotz der Dressur auf die weiße Fläche des Tischchens, noch zum Ausdruck kam.

Wie die Versuche mit den Kartonkästchen, fielen auch die weitergeführten Versuche mit Schachbrettmustern aus. Da die Wespen die unvermittelt über ihrer Einflugsöffnung aufgestellte Versuchsanordnung (Abb. 7) nur sehr zögernd anfliegen, legte ich zur Eingewöhnung vor den Versuchen 4 grüne Kartonblätter um das natürliche Flugloch (Abb. 12). Während der erste Tag, wie schon angeführt, eine Bevorzugung der konturreichsten Formen brachte (Abb. 9a), fiel das Ergebnis am folgenden Tag im entgegengesetzten Sinne aus (Abb. 9b), als Folge einer Dressur auf die ungegliederte Umgebung des Fluglochs.

Nach allen diesen Versuchen ist die Spontantendenz auf die konturreicheren Formen gerichtet. Allerdings können die Wespen nach vorausgegangener Dressur auch Formen bevorzugen, die der Spontantendenz entgegenstehen. Dabei scheint die Homogenität der Fluglochumgebung, wie spätere Versuche noch zeigen werden, für die Formenwahl entscheidend zu sein.

C. Bedeutung der Gliederung bei der Formenwahl

1. Versuche mit horizontalen Formen am Futterplatz. Nachdem die Versuche zur Spontantendenz eine Unterscheidung optischer Formen bewiesen, sollte versucht werden, die Wespen auf einen bestimmten Grad der Gliederung zu dressieren. Die Versuche wurden zunächst Tab. 1. Dressur auf die konturreichere Form mit anschließenden Transpositionsversuchen

Nr.	Dressurform a	Gegenform b	Zahl der Versuche	Zahl d. Anflüge		Frequenzverhältnis
				a	b	
1	+	▲	6	281	146	1,92 : 1
2	+	✱	2	53	83	0,63 : 1
3	+	✱	2	58	149	0,38 : 1

am Futterplatz durchgeführt. In der ersten Versuchsreihe war ein 4-Balkenkreuz Dressurform. Nachdem 6 Versuche positiv verliefen, wurde in den folgenden die Gegenform durch ein 5- bzw. 6-Balkenkreuz ausgewechselt. Nunmehr richteten sich die Anflüge hauptsächlich auf die neuen Gegenformen. Da von zwei Formen auf die konturreichere dressiert war, beflogen die Tiere in den Transpositionsversuchen wiederum die konturreicheren, trotz der gleichzeitig vorgelegten Dressurform, am stärksten.

In einer weiteren Versuchsreihe wurde eine kleine Schar markierter Wespen auf eine Strahlenform mit 24 Sektoren dressiert, welche die Tiere von einer flächengleichen mit 3 Sektoren unterscheiden mußten. Nach 2 Stunden richteten sich über 80% der Anflüge auf die Dressurform, was eine Verstär-

kung der vorhandenen Spontantendenz durch die Dressur bedeutet. In den anschließenden Versuchen wurde sowohl die Dressur- als auch die Gegenform verändert. Dabei erhielt immer

Tab. 2. Ergänzungsversuche zur Dressur auf die konturreichere Form mit anschließenden Transpositionsversuchen

Nr.	Dressur- form: 	Gegen- form: 	Zahl der Versuche	Zahl d. Anflüge		Frequenz- verhältnis
				a	b	
1			6	200	48	4,16 : 1
2			3	77	36	2,13 : 1
3			1	11	3	3,66 : 1
4			4	29	71	0,40 : 1

die konturreichere Form die meisten Anflüge, entsprechend der vorausgegangenen Dressur. In den letzten Versuchen (Tab. 2/Nr.4) wurde sogar die Gegenform bevorzugt, da sie gegenüber der Kreisscheibe gegliedert war. Die Wespen orientieren sich also nach dem Grad der Gliederung der vorgelegten Formen. Sie wählen relativ. M. Hertz kam bei Bienen zu den gleichen Resultaten.

Wespen unterscheiden dabei sogar noch Formen mit geringer Differenz der Gliederung (Tab. 3). Nach der Kästchenmethode wurde eine markierte Wespenschar auf ein 4-Balkenkreuz dressiert, das sie nicht mit einem 3-Balkenkreuz verwechseln sollten, das 2 weitere Kästchen markierte (horizontal gelegene Formen mit zentrischem Flugloch).

Tab. 3. Versuche mit Formen geringer Differenz der Gliederung

Nr.	Dressur- form a	Gegen- form b	Zahl der Versuche	Zahl d. Anflüge		Frequenz- verhältnis
				a	b	
1			6	255	119	1,90 : 1

Verlaine stellt in seiner Arbeit weder Untersuchungen über die Spontantendenz, noch über die Bedeutung der Gliederung für das Formensehen der Wespen an. Die durchgeführten Versuche zeigen aber, wie wichtig diese Faktoren bei der Formenunterscheidung sind.

2. Versuche mit vertikalen Formen am Nest. Für die folgenden Versuche wurde ein neues Nest in der Versuchsanordnung Abb. 2 aufgestellt. Nachdem sich die Wespen an die Anordnung gewöhnt hatten, verschob ich das unmarkierte Flugloch (Abb. 1) und brachte um dieses herum 4 Strahlenformen an. Die erste Versuchsreihe zeigt deutlich eine starke Bevorzugung der konturärmsten Formen, während die konturreichsten nur sehr wenig angefliegen wurden (Tab. 4/Nr.1). Versuche mit Bienen ergaben die gleichen Ergebnisse (Tab. 4/Nr.2). Mit einer etwas abgewandelten Anord-

nung wurden diese Versuche wiederholt. Ein kleines Bienen-volk stand wieder im formenfreien Versuchskasten Abb. 2.

Tab. 4. Versuche mit Strahlenformen ohne vorausgegangene Formendressur. Die Tiere hatten sich die formenfreie Um-gebung des Fluglochs als Form eingeprägt. We = Versuche mit Wespen; Bie = Versuche mit Bienen

Nr.	Vorgelegte Formen				Zahl der Versuche	Verteilung d. Anflüge(%)			
	a	b	c	d		a	b	c	d
1					4 We	64	21	12	3
2					4 Bie	51	26	14	9
3					4 Bie	45	33	14	8
4					4 Bie	56	30	9	5
5					3 We	18	16	28	38

Davon dressierte ich 20 markierte Bienen in ein Kartonkästchen mit seitlichem formenfreiem Flugloch. In 4 Versuchen wurden dann 4 Kartonkästchen mit Strahlenformen aufgestellt (Ergebnis in Tab. 4/Nr.3). Die gleichen Formen markierten auch den Versuchskasten. auch dieses Mal wurden in beiden Anordnungen die konturärmsten Formen am meisten angefliegen. Dieses Ergebnis änderte sich auch nicht, als die Formen der Kartonkästchen waagrecht lagen (Tab. 4/Nr.4).

Diese Resultate stehen im Widerspruch zu denen von M. Hertz, die die Möglichkeit einer Dressur auf eine Form, die gegen die Spontanneigung steht, verneint. Auch Zerrahn spricht von der Unmöglichkeit einer Dressur auf Formen, die nicht der Wahltenz entgegenkommen. Nach Versuchen dieser Autoren werden von Bienen ohne vorausgehende Dressur die konturreichsten Formen gewählt, was mit meinen Wespenversuchen übereinstimmt. Bei meinen Versuchen mit Wespen und Bienen an der Anordnung Abb. 2 und mit Kartonkästchen haben sich die Tiere aber die ungegliederte Umgebung des Fluglochs eingeprägt. Deshalb bevorzugten sie beim Anfliegen verschieden stark gegliederter Formen die am wenigsten gegliederte. Hinweise auf solches Verhalten gaben teilweise schon Versuche über die Spontanwahl (siehe S. 7).

Nachdem die Wespen bisher auf keine Form dressiert waren, markierte ich einige Stunden das Flugloch mit einer Strahlenform von 24 Sektoren (Tab. 4d). In 3 Versuchen mußten sie sodann zwischen 4 verschiedenen Strahlenformen wählen. Dieses Mal entschieden sich die Tiere klar für die konturreichste Form (Tab. 4/Nr.5). Eine Dressur im Gegensinn ist also durchaus möglich.

Wespen und Bienen vermögen also nach vorausgegangener Dressur konturreiche von konturarmen Formen und umgekehrt gut zu unterscheiden. Dabei ist es gleichgültig, in welcher Lage die Formen geboten werden. Die Gliederung stellt also für die Formenunterscheidung einen bedeutenden Faktor dar.

D. Versuche mit ungegliederten Formen

1. Unterscheidung vertikaler Formen am Wespennest und am Bienenstock. Als nächstes sollten einige Versuche Verlaines nachgeprüft werden. Die Wespen eines Nestes wurden in der Versuchsanordnung Abb. 2 nach den Angaben von Verlaire auf ein gleichseitiges Dreieck von 16 cm Seitenlänge dressiert, das sie im Versuch von einem Quadrat mit 5 cm Seitenlänge unterscheiden mußten. Nach einigen Tagen erhielt ich die ersten positiven Resultate (Tab. 5/Nr.1). Auch die Unterscheidung von einem größeren Quadrat, aber gleichem Schwarzanteil wie das Dreieck, und das Übergehen von Strich- auf Vollformen bereitete keine Schwierigkeit (Tab. 5/Nr.2-4). Mit zunehmender Dressurdauer verbesserten sich die Ergebnisse sogar. Sie überraschen vor allem, weil v. Frisch (1914) bei der Dressur einer Bienenschar auf ein volles Quadrat und ein Dreieck als Gegenform negative Ergebnisse erhielt. Auch Baumgärtner (1927) hatte mit ähnlichen

Tab. 5. Versuche mit vertikalen Formen am Nest

Nr.	Dressurform a	Gegenform b	Zahl der Versuche	Zahl d. Anflüge		Frequenzverhältnis
				a	b	
1			5	84	47	1,78 : 1
2			5	103	30	3,43 : 1
3			1	13	3	6,50 : 1
4			2	39	20	1,95 : 1
5			6	180	83	2,16 : 1
6			6	143	100	1,43 : 1

Formen keinen Erfolg. Diese Ergebnisse bestätigen auch noch andere Autoren (Hertz; Zerrahn u.a.).

Ich wiederholte deshalb die Wespenversuche bei gleichen Versuchsbedingungen mit Bienen. Sie mußten ein gleichseitiges Dreieck von 9,4 cm Seitenlänge von einer flächengleichen Kreisscheibe mit 3,48 cm Radius unterscheiden. Um einen regelmäßigen Flugverkehr zu erhalten, wurde eine markierte Bienenschar in einiger Entfernung vom Stock mit Zuckerwasser gefüttert. Nach mehrtägiger Dressur erhielt ich laufend positive Ergebnisse (Tab. 5/Nr.5). Als ich die Gegenform durch ein flächengleiches Quadrat ersetze, verschlechterten sich die Ergebnisse merklich (Tab. 5/Nr.6). Danach verhalten sich die Wespen und Bienen ziemlich gleich. Die Versuchsbedingungen waren bei den Bienen jedoch ungünstiger, da bei den Dressuren das Flugloch stets von Wächtern umlagert war, die den markierten Bienen das Auffinden des Stockes ohne Beachtung der Marken ermöglichten. Während der Versuche waren die Wächter selbstverständlich entfernt.

Die letzten Versuche geben einen Hinweis auf den negativen Ausgang der Versuche von v. Frisch. In meinen Versuchen ging eine Dressur auf Dreieck und Kreis voraus, deren Unterscheidung den Bienen keine große Schwierigkeit bereitete. Sie erleichterte die schwierige Dressur auf Dreieck und Quadrat. Das Ergebnis fiel aber wesentlich ungünstiger aus. Die übrigen Autoren, welche negative Resultate erhielten, verwendeten in ihren Versuchen - soweit das zu entnehmen war - Formen, die kleiner waren als die meinen. Danach scheint also auch die Formengröße ein entscheidender Faktor für das Formensehen zu sein.

2. Die Bedeutung der Formengröße. Als eine markierte Wespenschar ein gleichseitiges Dreieck (Abb. 13A) von einer Kreisscheibe (Abb. 13a) unterscheiden konnte (prozentuale Verteilung der Anflüge in Abb. 13A-a), wurde in 5 Versuchen das Dreieck durch eine um 73% größere Form (Abb. 13; A gegen B) und in 6 weiteren Versuchen die Kreisscheibe durch eine um 74% größere (Abb. 13; a gegen b) ausgetauscht. Trotz der vorgenommenen Veränderungen wurden die Formen unterschieden (Abb. 13 B-a und A-b).

Aufschlußreich waren die Vergleichsversuche von Bienen und Wespen. Die Wespen mußten am Nest (Abb. 2) und die Bienen am Futterplatz nach der Kästchenmethode ein Dreieck (Abb. 13C) von einer Kreisscheibe (Abb. 13c) unterscheiden. Die Dressurergebnisse sind in beiden Fällen annähernd gleich (Abb. 14 C-c). Das Unterscheidungsvermögen ließ auch kaum nach, als ich beide Formen vergrößerte (Abb. 13 C gegen D und c gegen d). Die Ergebnisse sind in Abb. 14 D-d zusammengestellt (4Wespen- und 5 Bienenversuche). Überraschender war das Resultat, als ich in 5 Wespen- und 7 Bienenversuchen die Formen verkleinerte (Abb. 13; C gegen B und c gegen b). Während bei den Wespen das Unterscheidungsvermögen merklich nachließ, verwechselten die Bienen die verkleinerten Formen. Die prozentuale Verteilung der Anflüge veranschaulicht Abb. 14 B-b.

Das Unterscheidungsvermögen für geometrische Formen vermindert sich also bei Wespen und Bienen durch Vergrößerung bzw. Verkleinerung mit einer Ausnahme bei Bienen nur sehr unwesentlich. Bienen unterscheiden dagegen zu kleine, wenig gegliederte Formen nicht mehr. Darauf sind wohl auch die negativen Ergebnisse von Baumgärtner und anderen Autoren zurückzuführen (siehe S. 9).

Wie wichtig die Formengröße bei schwierigen Formen auch für Wespen ist, zeigte sich bei einer anderen Gelegenheit im Verlaufe meiner Arbeit. So konnte eine markierte Wespenschar ein 4-Balkenkreuz in horizontaler Lage erst dann von einem Dreibalkenkreuz unterscheiden, als die Formen vergrößert wurden.

3. Unterscheidung verschieden großer Formen. Wie groß die Leistungen im Wahrnehmen von Größenunterschieden sind, sollte in den folgenden Versuchen geklärt werden. Verlaine gibt in seiner Arbeit

an, daß sich die Wespen eine Form nach ihrer Größe merken können.

So dressierte ich die Wespen eines Erdnestes mit der Versuchsanordnung Abb. 5 auf ein Quadrat von 6 cm Seitenlänge und legte in den Versuchen außer dem Dressurquadrat noch 3 weitere Quadrate mit anderen Seitenlängen vor (Abb. 15 a bis d). Die Tiere fanden dabei aus den 4 Formen eindeutig die Dressurform heraus. Über die Verteilung der Anflüge von 4 Versuchen gibt die Darstellung in Abb. 15 Aufschluß. Als die Wespen zwischen den Formen in Abb. 15 b bis e wählen mußten, wurde die nächstgrößere Form etwas mehr als die Dressurform (Abb. 15c) befliegen (Abb. 15 rechts unten). Das Ergebnis ist wohl durch das Überwiegen der größeren Formen im Formensortiment zu verstehen.

Aus diesen Versuchen ergibt sich ein Unterscheidungsvermögen figural gleicher, aber verschieden großer Formen. Damit stimmen Verlaines Versuche nicht ganz mit den meinen überein, da nach ihm die Wespen ein Flugloch nicht anfliegen, wenn es nicht mit einer Form jener Größe gekennzeichnet ist, auf die sie dressiert waren.

4. Bedeutung der Farbe. Da den Wespen bisher nur schwarze Formen vorgelegt wurden, mußte noch untersucht werden, ob sich die Tiere eine geometrische Form unabhängig vom Farb- bzw. Helligkeitswert einprägen.

Nach gelungener Dressur auf ein gleichseitiges Dreieck (83% der Anflüge) und eine Kreisscheibe (17% der Anflüge) in vertikaler Lage am Versuchskasten Abb. 1 (Formen siehe Abb. 13 A-a; Ergebnisse Tab. 6/Nr.1), legte ich den Wespen

Tab. 6. Versuche mit farbigen Formen. Nachdem die Tiere auf schwarze Formen dressiert waren, hatten sie in den Versuchen zwischen farbigen Formen zu wählen.

Nr.	Heringsche Farbpapiere	Zahl der Versuche	Verteilung d. Anflüge (%)	
			Dressurform	Gegenform
1	Schwarz	11	83	17
2	Rot 2	4	72	28
3	Gelb 5	5	89	11
4	Grün 6 (9)	5	63	37
5	Blau 11 (12)	8	59	41
6	Purpur 15	6	67	33

Formen in verschiedenen Farben zur Wahl vor. Die Ergebnisse von Tab. 6 zeigen, daß Formen auch auseinandergehalten werden, wenn sie in den Versuchen in verschiedenen Farben auftreten. Allerdings ist die Verteilung der Anflüge schwankend. Dieses Resultat ändert sich auch nicht, wenn nur jeweils der erste Anflug der nummerierten Tiere berücksichtigt wird. Anschließend sollte geprüft werden, wie sich die Tiere entscheiden,

wenn nur eine der Formen in den Farben wechselt, die andere aber schwarz bleibt. Nach den Ergebnissen in Tab. 7 bevorzugen die Tiere eindeutig die tiefschwarzen Formen, auf die sie dressiert waren und befliegen sogar die Gegenform, wenn

Tab. 7. Versuche mit farbigen Formen. Nachdem Wespen auf schwarze Formen dressiert waren, fanden sie in den Versuchen jeweils eine Form farbig vor.

Nr.	Heringsche Farbpapiere	Zahl der Versuche	Verteilung d. Anflüge (%)	
			Dressurform	Gegenform
1	Rot 1 :Schwarz	1	58	42
2	Rot 2 :Schwarz	2	39	61
3	Rot 3 :Schwarz	1	45	55
4	Gelb 4 :Schwarz	2	12	88
5	Schwarz :Rot 2	1	84	16
6	Schwarz :Gelb 4	1	90	10

sie schwarz erscheint. Nur bei Rot 1 wird die Dressurform bevorzugt.

Aus allen Versuchen geht hervor, daß bei der Unterscheidung von geometrischen Formen der Helligkeitsgrad der Dressurform von Bedeutung ist. Diese Ergebnisse decken sich mit denen von v. Frisch und weitgehend auch mit denen von Hertz. Nur wenn Dressur- und Gegenform in der gleichen Farbe geboten werden, bevorzugen die Wespen klar die Dressurform.

6. Ergebnisvergleich von Einzel- und Massen anflügen. Wichtig erschien noch die Frage, ob sich wesentliche Unterschiede ergeben, wenn in den Versuchen nur Einzeltiere bei der ersten Wahl oder alle Anflüge der Wespen in einer bestimmten Zeiteinheit gewertet werden. Nach gelungener Dressur auf Dreieck und Kreisscheibe zählte ich während dreier Tage in 10 Versuchen die Erstwahl von 37 markierten Wespen und verglich sie mit ihren Gesamtanflügen innerhalb von 2 Minuten. Wie die Zusammenstellung in Abb. 16 ergibt, fallen die Versuche mit Einzeltieren etwas günstiger aus. Sie sind jedoch technisch schwer durchführbar und würden zu viel Zeit in Anspruch nehmen. Sie zeigen aber, daß die Ergebnisse dieser Arbeit noch günstiger zu bewerten sind, da fast ausschließlich die Massen anflüge gezählt und ausgewertet wurden.

6. Analyse der Formenunterscheidungen bei ungegliederten, vertikalen Formen. a. Drehung der Formen: Nun galt es, die Verlainessen Versuche weiter zu prüfen. Nach ihm unterscheiden die Wespen geometrische Formen unabhängig von ihrer Lage zum Flugloch. Ausgehend von den positiven Ergebnissen der Versuche mit Strichformen (siehe S. 9) drehte ich diese in den kritischen Versuchen um ihre Achse. Wie Tab. 8 zeigt,

Tab. 8. Drehung der vertikalen geometrischen Formen. Die Wespen waren auf ein gleichseitiges Dreieck dressiert, dessen eine Seite waagrecht unter dem Flugloch lag.

Nr.	Dressur- form a	Gegen- form b	Zahl der Versuche	Zahl d. Anflüge		Frequenz- verhältnis
				a	b	
1			5	103	30	3,43 : 1
2			1	-	16	0,00 : 1
3			1	5	10	0,50 : 1
4			1	18	19	0,95 : 1
5			1	21	17	1,23 : 1

wurden die Formen nicht mehr unterschieden. Die Ergebnisse Verlaines ließen sich in dieser Frage nicht bestätigen. Auch mit Dreieck und Kreisscheibe als Vollformen änderte sich daran nichts (Tab. 9/Nr.1-2). Selbst figural gleiche Formen unterscheiden die Wespen nach ihrer Lage zur Dressur.

Tab. 9. Drehung von vertikalen, geometrischen Vollformen. Die Versuche wurden wie in Tab. 8 durchgeführt.

Nr.	Dressur- form a	Gegen- form b	Zahl der Versuche	Zahl d. Anflüge		Frequenz- verhältnis
				a	b	
1			11	112	21	5,33 : 1
2			6	43	84	0,51 : 1
3			2	25	10	2,50 : 1

suranordnung (Tab. 9/Nr.3). b. Versuche mit Teilformen: Die Dressurergebnisse von Tab. 9/Nr.1 waren auch die Grundlage für Versuche mit Teilformen. Sie lassen bei vertikaler Formenlage eine deutliche Gliederung des optischen Feldes in links-rechts sowie oben-unten erkennen. Dadurch wird

Tab. 10. Versuche mit Teilformen. Nach einer Dressur auf Dreieck und Kreisscheibe wurden in den Versuchen Teilformen vorgelegt.

Nr.	Dressur- form a	Gegen- form b	Zahl der Versuche	Zahl d. Anflüge		Frequenz- verhältnis
				a	b	
1			6	27	10	2,70 : 1
2			5	30	12	2,50 : 1
3			5	48	21	2,30 : 1
4			6	47	25	1,88 : 1

eine Formenunterscheidung nach Teilformen möglich. Diese Gliederung des optischen Feldes konnte Wiechert (1937)

auch bei Bienen nachweisen.

Selbst stärkere Veränderungen der Dressurform sind möglich, ohne daß diese ihre Bedeutung als Wegweiser zum Nest verliert. Nach der Dressur auf Dreieck und Kreisscheibe wurde die Basis des Dreiecks in einen Kreisbogen umgeändert. Die Formen wurden eindeutig unterschieden, selbst als der Winkel der Dressurform über dem Flugloch in den Versuchen von 60° auf 100° vergrößert wurde. Erst als die Dressurform im Versuch in eine Kreisscheibe umgewandelt wurde, die nur eine kleine Spitze über dem Flugloch aufwies (sie glich dadurch ziemlich der Gegenform), verwechselten die Tiere die Formen.

c. Lageänderungen der Formen am Flugloch: Verlaine veränderte in seinen Experimenten auch die Lage der Formen zum Flugloch, ohne daß dabei das Unterscheidungsvermögen nachließ. Ich führte auch mit meinen Wespen entsprechende Versuche. Nach der Dressur auf ein gleichseitiges Dreieck und eine Kreisscheibe mit zentrischen Fluglöchern (83% der Anflüge waren positiv) unter Verwendung der Versuchsanordnung von Abb. 2, brachte ich die Formen in verschiedene Lage zum Flugloch. Formen über dem Flugloch unterscheiden

Tab. 11. Lageänderungen von Formen. Formen mit zentrischem Flugloch wurden in den Versuchen in andere Lagen zum Flugloch gebracht.

Nr.	Dressur- form a	Gegen- form b	Zahl der Versuche	Zahl d. Anflüge		Frequenz- verhältnis
				a	b	
1			5	21	9	2,33 : 1
2			3	18	4	4,50 : 1
3			4	90	45	2,00 : 1
4			2	18	21	0,85 : 1
5			7	27	39	0,69 : 1
6			5	77	43	1,78 : 1

die Wespen ohne Schwierigkeit. (Tab. 11/Nr.1). Allerdings hatten ein Jahr vorher 4 Versuche mit einem Dreieck von 6 cm Seitenlänge - es war also um 2 cm Seitenlänge kleiner - und einer flächengleichen Kreisscheibe negative Resultate gebracht. Seitliche Anordnung der Formen zum Flugloch beeinträchtigte das Unterscheidungsvermögen ebenfalls nicht (Tab. 11/Nr.2). Versuche mit kleinen Formen (Dreieck=6cm Seitenlänge; Kreisscheibe=2,2cm Radius) verliefen auch in diesem Falle negativ, während größere Formen auch im Vorjahr positive Ergebnisse erbrachten (Tab. 11/Nr.3). Negativ verliefen dagegen die Experimente mit Formen unterhalb des Fluglochs (Tab. 11/Nr.4), was ebenfalls ein Jahr vorher durch 7 Versuche schon feststand (Tab. 11/Nr.5). Als aber die Kreisscheibe 1 cm unterhalb des unteren Fluglochrandes stand, wurden die Formen auch in dieser Stellung unterschied-

den (Tab. 11/Nr.6). Das Dreieck war also vorher als Ganzes zu weit vom Flugloch entfernt.

Nach diesen Transpositionsversuchen hat die Lageänderung der Formen zum Flugloch im allgemeinen keinen Einfluß auf das Unterscheidungsvermögen der Wespen für geometrische Formen. Diese Resultate stimmen also mit denen Verlaines überein, der seine Versuche mit anderen Formen durchführte, aber auf diese vorher dressiert hatte. d. Verschiedene Stellung von Dressur- und Gegenform: Wie wichtig die Stellung der Formen zum Flugloch ist, zeigt sich in den folgenden Versuchen,

Tab. 12. Lageänderungen von Formen. In den Versuchen wurde jeweils eine Form gegenüber der Lage bei den Dressuren verändert.

Nr.	Dressurform a	Gegenform b	Zahl der Versuche	Zahl d. Anflüge		Frequenzverhältnis
				a	b	
1			11	112	21	5,33 : 1
2			1	13	1	13,00 : 1
3			2	14	1	14,00 : 1
4			2	32	17	2,17 : 1
5			4	69	34	2,00 : 1

als nach gelungener Dressur auf Dreieck und Kreisscheibe (Tab. 12/Nr.1) die Gegenform durch ein Dreieck über bzw. unter dem Flugloch ersetzt wurde. Die Wespen flogen dabei eindeutig das Dreieck in der Dressurstellung an (Tab. 12/Nr.2-3). Bei einem anderen Nest wird nach gelungener Dressur auf Dreieck-Kreisscheibe (Tab. 12/Nr.4) die Dressurform angefliegen, obwohl ihre Stellung gegenüber der Gegenform verändert war (Tab. 12/Nr.5).

7. Unterscheidung ungegliederter horizontaler Formen. Nach den vorausgegangenen Versuchen können die Wespen Formen, die gegenüber der Dressurstellung gedreht waren, nicht unterscheiden. Ich prüfte das Ergebnis nochmals mit horizontalen Formen. In dieser Lage müssen sich die Tiere die Form als Ganzes einprägen, da bei Rotation der Formenordnung ein Fixpunkt zur Orientierung fehlt. In Vorversuchen wurde die Anordnung Abb. 1 in horizontale Lage gebracht. 5 Versuche ergaben das Frequenzverhältnis 1,58 : 1. Es verbesserte sich in 6 Versuchen mit der Kästchenmethode (Abb. 17) auf 1,69 : 1; verschlechterte sich aber, als ich in 6 weiteren Versuchen die Kreisscheibe durch ein flächengleiches Quadrat ersetzte (1,21 : 1).

Im folgenden Jahr baute ich eine bessere Versuchsanordnung (Abb. 3). Durch regelmäßige Rotation derselben (1,5 Umdrehungen/min.) wurde eine Ortsdressur ausgeschaltet. In 8 Versuchen stand die Anordnung still und brachte ein schlechtes Ergebnis (1,41 : 1). Als sie sich in den Versuchen drehte, verbesserte sich das Resultat auf 1,69 : 1 (Tab. 13/Nr.1).

Durch Verkleinerung der verwendeten Dreiecke von 8 cm Seitenlänge auf 6 cm und entsprechend auch der Kreisscheiben, sank das Frequenzverhältnis (Tab. 13/Nr.2). Auch in den vorausgegangenen Versuchen wurden ja schon verkleinerte Formen schlecht unterschieden. Nachdem ich den Kreis durch ein Quadrat ersetzte, fiel das Ergebnis ebenfalls recht ungünstig aus (Tab. 13/Nr.3). Gegenüber vertikalen Formen verschlechterten sich die Resultate bei Verwendung horizontaler Formen um rund 20%.

Tab. 13. Versuche mit ungegliederten Formen in horizontaler Lage

Nr.	Dressurform a	Gegenform b-c	Zahl der Versuche	Zahl der Anflüge			Frequenzverhältnis
				a	b	c	
1			10	699	414	434	1,69 : 1
2			2	162	101	122	1,46 : 1
3			6	369	267	277	1,35 : 1
4			10	64	39	46	1,50 : 1

Vergleichsversuche mit Bienen gestalteten sich äußerst schwierig, da die Bienen immer wieder die Fluglöcher umlagerten. Trotzdem brachten 10 Versuche ein Anflugsverhältnis von 1,50 : 1. Dieses Ergebnis ist schwächer als das der Wespen und wegen der schwierigen Versuchsbedingungen mit Vorbehalt zu bewerten (Tab. 13/Nr.4).

Die Bedeutung der Formenlage wurde in einer Reihe weiterer Experimente untersucht. 1 cm unter der Einflugsöffnung der Versuchsanordnung von Abb. 2 wurde eine Konsole angebracht, auf die unter jedes Flugloch eine geometrische

Tab. 14. Versuche mit ungegliederten geometrischen Formen, die von der Horizontallage in Vertikallage gebracht wurden. Nach dem Frequenzverhältnis steht in Klammern die Anzahl der Versuche.

Nr.	Dressur- form	Gegen- form	Versuchs- tage	Zahl d. Anflüge		Frequenz- verhältnis
	a	b		a	b	
	Horizontallage:					
1			1.	77	67	1,14 : 1 (6)
2			6.	276	223	1,23 : 1 (6)
3			7.	135	95	1,42 : 1 (10)
4			8.	85	52	1,63 : 1 (4)
	Vertikallage:					
5			8.	103	109	0,94 : 1 (8)

Form gelegt war. Dressurform war ein gleichseitiges Dreieck von 8 cm Seitenlänge und Gegenform eine flächengleiche Kreisscheibe. Obwohl die Anflugsrichtung zum Dreieck stets die gleiche war, wurden keine besseren Ergebnisse erzielt als bei ständiger Lageänderung der Formen mit der Versuchsanordnung von Abb. 3. Nachdem die Dressur einigermaßen gelungen war, brachte ich in den Versuchen die horizontalen Formen in vertikale Lage (jetzt mit zentrischem Flugloch). Dabei ergaben 8 Versuche ein deutlich unentschiedenes Anflugsverhältnis (Tab. 14/Nr.5). Die Wespen erkennen also eine in horizontaler Lage eingeprägte Form in vertikaler Lage nicht mehr. Die Versuche mit ungegliederten Formen in Horizontallage beweisen, daß die Behauptung Verlaines, die Formenunterscheidung sei von der Lage unabhängig, nicht verallgemeinert werden kann und nur für spezielle Versuchsbedingungen zutrifft.

E. Relative und absolute Wahlen

Im Verlaufe dieser Arbeit zeigte sich, daß sich Wespen bei konturreichen und bei konturarmen Formen nach relativen Merkmalen orientieren (siehe S. 7). Im folgenden Abschnitt soll die Bedeutung relativer und absoluter Wahlen beim Formensehen untersucht werden.

a. Versuche mit variablen Formengrößen: Ich legte den Wespen zunächst in vertikaler Lage weiße Strichformen auf grauem Tonpapier vor. Ein Quadrat mittlerer Größe war Dressurform (Abb. 18b) und ein kleineres (Abb. 18c) Gegenform. Das Ergebnis von 6 Versuchen des 1. Versuchstages (Abb. 18) verbesserte sich in 6 weiteren Versuchen am 2. Tag wesentlich. Nun ersetzte ich die kleinere Form durch ein großes Quadrat (Abb. 18a). In 4 Versuchen bevorzugten die Wespen die neue Form, während die Dressurform nur von einer geringen Anzahl der Tiere angefliegen wurde. Ähnliche Ergebnisse erbrachten Versuche mit weißen Vollformen gleicher Größe. In allen Fällen wählten die Tiere also relativ; richteten sich somit bei dieser Anordnung nicht nach der adressierten Formengröße. Zu den gleichen Ergebnissen kam auch Verlaaine.

b. Versuche mit Graustufen: Die vorhergehenden Versuche dehnte ich auch auf Graustufen aus. Ich markierte die Flug-

Tab. 15. Versuche mit Graupapieren. Das Flugloch markierte Ostwald G, die Sackgasse Ostwald N.

Nr.	Dressur- graustufe a	Gegen- graustufe b	Zahl der Versuche	Zahl d. Anflüge		Frequenz- verhältnis
				a	b	
1	Ostw. G	Ostw. N	2	24	1	24 : 1
2	Ostw. G	Ostw. N	3	22	-	22 : 0
3	Ostw. G	Ostw. C	3	16	4	4 : 1

löcher der Versuchsanordnung Abb. 2 mit Graupapieren (Quadrate von 8 cm Seitenlänge und zentrischem Flugloch). Das Flugloch zum Nest war mit Ostwald G markiert, die Sackgasse mit Ostwald N (Abb. 19). Nach kurzer Zeit erhielt ich eindeutig positive Ergebnisse (Tab. 15/Nr.1). Selbst als bei der Dressur die Gegengraustufe fehlte, trat keine Änderung des Anflugsverhältnisses ein (Tab. 15/Nr.2). Daraufhin wechselte ich Ostwald N gegen Ostwald C aus, wobei auch hier die Wespen die Dressurform bevorzugten (Tab. 15/Nr.3), also absolut wählten. Nach diesen Vorversuchen scheinen die Tiere sich den Helligkeitsgrad einer bestimmten Graustufe zu merken, Was auch Verlaine in seiner Arbeit feststellte. Da in diesen Versuchen die Möglichkeit bestand, daß der graue Untergrund (Tonpapier), auf dem die Ostwald-Papiere vorlagen, für das Verhalten der Tiere eine Rolle spielte, vereinfachte ich die Versuchsmethode.

c. Versuche mit Graustufen großer Helligkeitsdifferenz: Ich führte die folgenden Versuche am Futterplatz mit schachbrettartiger Anordnung der Graupapiere durch (Abb. 6). Die Wespen sollten zunächst die Graustufe Ostwald L von der helleren Ostwald G unterscheiden (Abb. 20a). Die Versuchsergebnisse von 3 Tagen sind in Abb. 20a zusammengefaßt. Bereits am 1. Versuchstag vertauschte ich nach gelungener Dressur die Graupapiere. Ich ersetzte Ostwald G durch das sehr dunkle Ostwald P, das nunmehr am dunkelsten erschien. Die Tiere bevorzugten eindeutig die Dressurgraustufe Ostwald L, obwohl sie jetzt heller war als die Gegengraustufe (Abb. 20b). Die Wespen hatten sich also den Helligkeitsgrad gemerkt. Als ich die Helligkeitsdifferenz vergrößerte, indem ich statt Ostwald P einen tiefschwarzen Plakatkarton bot, entschieden sich die Tiere nicht anders (Abb. 20c). Schließlich fehlte die Dressurform und an ihre Stelle trat Ostwald C. Bei dieser Anordnung verteilten sich die Anflüge annähernd gleichmäßig auf die vorliegenden Graustufen (Abb. 20d).

Nach diesen Resultaten prägten sich die Wespen den Helligkeitsgrad der Dressurgraustufe ein und bevorzugten diesen bei verschiedenen Zusammenstellungen. Sie wählten damit absolut.

Aus den Versuchen in Abb. 20d könnte man schließen, daß die Wespen diese Graustufen nicht mehr unterscheiden. Deshalb dressierte ich eine neue Schar auf Ostwald G, während Ostwald C die Gegengraustufe war. 9 Versuche ergaben ein positives Verhältnis (4 : 1). Darauf ersetzte ich die Dressurgraustufe durch einen weißen Plakatkarton. Das Ergebnis von 5 Versuchen war wieder unentschieden (1,06 : 1), da die Dressurgraustufe fehlte. Als ich die Gegengraustufe mit Ostwald L auswechselte, ergab das Frequenzverhältnis 3,78 : 1. Damit haben sich die Wespen auch in dieser Versuchsreihe den Helligkeitsgrad der Dressurgraustufe eingeprägt und absolut gewählt. Alle diese Ergebnisse stimmen mit denen von Bierens de Haan überein. Auch in seinen Versuchen wählten Bienen stets die Dressurgraustufe. Fehlte sie aber, so ver-

teilten sich die Anflüge gleichmäßig auf die zwei vorgelegten Graustufen. Verlaine berichtet von den gleichen Ergebnissen bei Wespen.

d. Versuche mit Graustufen geringer Helligkeitsdifferenz: In weiteren Versuchen war die Helligkeitsdifferenz zweier Graustufen nicht mehr so groß. Eine Wespenschar sollte Ostwald G von Ostwald E unterscheiden lernen. Versuchsanordnung und Ergebnisse von 14 Experimenten sind in Abb. 21a dargestellt. In den anschließenden Transpositionsversuchen ersetzte ich die Gegenform Ostwald E durch Ostwald I. Alle 7 Versuche fielen zugunsten der neuen Graustufe aus. Die Wahl verlief also relativ (Abb. 21b). An diesem Verhalten änderte sich auch nichts, als in 6 weiteren Versuchen Ostwald C anstelle von Ostwald G trat. Die Tiere flogen jetzt die dunklere Graustufe Ostwald E an und entschieden relativ (Abb. 21c).

Der Helligkeitsunterschied der Graustufen dieser Versuchsreihe war nicht mehr so stark; denn es fehlte in der laufenden Reihe der Ostwaldschen Graustufen nur eine Zwischenstufe. Dadurch war es den Tieren nicht mehr möglich, sich den Helligkeitsgrad einer Graustufe einzuprägen. So wählten sie immer die dunklere Graustufe, auf die sie dressiert waren; unabhängig davon, ob es die Dressurgraustufe oder eine andere dunkle Graustufe war. An diesem Ergebnis änderte sich auch nichts in einer Versuchsreihe, wo auf das hellste Grau dressiert wurde.

Nach meinen Versuchen mit Graustufen wählen die Wespen bei großer Helligkeitsdifferenz absolut und bei geringer relativ. Die absolute Wahl bei Wespen und Bienen, wie sie Verlaine und Bierens de Haan beschreiben, wurden mit Graustufen erreicht, die in ihrem Helligkeitsgrad einen großen Unterschied aufwiesen. Aus diesem Grunde konnten sich diese Hymenopteren die Dressurgraustufe einprägen und absolut wählen. Bei all diesen Versuchen wurde allerdings die Bedeutung des ultravioletten Lichts nicht berücksichtigt.

e. Versuche mit Graustufen unter UV-absorbierenden Filtern: Den Einwand, die verwendeten Graustufen würden das ultraviolette Licht verschieden stark reflektieren und dadurch die Resultate der Versuche beeinträchtigen, prüfte ich durch die Verwendung von UV-absorbierenden Filtern (GG 13). Graustufen großer Helligkeitsdifferenz: Nach Dressur auf die Anordnung Abb. 20a (5 Versuche; Ergebnisse in Abb. 22a) brachten 7 Transpositionsversuche mit der Anordnung Abb. 20b eindeutig eine relative Wahl (Abb. 22b). In 7 weiteren Versuchen fehlte die Dressurform (Abb. 20d). Auch bei dieser Anordnung wählten die Wespen jetzt klar relativ. Nach diesen Ergebnissen haben UV-absorbierende Filter auf die Unterscheidung von Graustufen großer Helligkeitsdifferenz einen entscheidenden Einfluß.

Graustufen geringer Helligkeitsdifferenz: Eine Wespenschar lernte Ostwald L von Ostwald N unterscheiden (Abb. 23a). In den Transpositionsversuchen wählten die Tiere nach dem an-

dressierten Helligkeitsverhältnis, also relativ (Abb. 23b-c).

Bei Verwendung von UV-absorbierenden Filtern entscheiden sich die Wespen sogar bei Graupapieren großer Helligkeitsdifferenzen relativ, während sich bei Graustufen geringer Helligkeitsdifferenz keine Unterschiede ergeben. Damit sind die überraschenden Ergebnisse von Verlaine und Bierens de Haan, die ich auch in eigenen Versuchen bestätigen konnte, auf das Unterscheidungsvermögen der Wespen von verschiedenen stark UV-reflektierenden Graustufen zurückzuführen.

S c h l u ß

Ein Vergleich der Leistungen von Wespen und Bienen im Formensehen bringt eine Reihe neuer Ergebnisse. Beide Tierarten können zwei wenig gegliederte geometrische Formen (Dreieck und Kreis) in vertikaler Lage gut unterscheiden. Bei Bienen hängt diese Leistung von der Formengröße ab. Die negativen Ergebnisse anderer Autoren sind auf die Verwendung zu kleiner Formen zurückzuführen.

Das Unterscheidungsvermögen in vertikaler Lage hängt bei ungegliederten Formen weitgehend von der Fähigkeit der Wespen ab, den Sehraum in links-rechts und unten-oben gliedern zu können. Die Ergebnisse von Wespen und Bienen laufen hier parallel (Wiechert). In horizontaler Lage halten die Wespen diese Formen noch schwach auseinander, während die Resultate bei Bienen mit ziemlicher Sicherheit als negativ zu beurteilen sind.

Bis zu einem gewissen Grade können Wespen bestimmte Formengrößen aus einer Gruppe gleicher Figuren von verschiedener Größe herausfinden. Ist der Größenunterschied zweier figural gleicher Formen nicht zu stark, so wählen die Wespen relativ, wenn ihnen eine andere Gruppe verschieden großer Formen vorgelegt wird.

Bei der Dressur der Wespen auf Graustufen großer Helligkeitsdifferenz wählen die Tiere ohne Verwendung UV-absorbierender Filter absolut, was auch Verlaine und Bierens de Haan bei Wespen und Bienen fanden. Doch hat hier das ultraviolette Licht einen entscheidenden Einfluß. Bei geringer Helligkeitsdifferenz reagieren die Tiere relativ. Die erwähnten Autoren haben das Problem nicht für so umfassend betrachtet; denn bei Verwendung von UV-absorbierenden Filtern wählen die Tiere auch bei großer Helligkeitsdifferenz relativ.

Für das Formensehen der Wespen spielen die Formengröße und -farbe keine große Rolle. Aus den Versuchen geht allerdings hervor, daß Farben und Helligkeitsunterschiede wichtiger sind als Formen. Zu den gleichen Ergebnissen kamen auch andere Autoren bei Bienen.

Ohne Dressur fliegen die Wespen auf die konturreichsten Formen. Auch darin stimmen die Wespen mit den Bienen überein.

Die Differenzen im Formensehen der Wespen und Bienen sind also nicht so groß, wie nach den Ergebnissen von Verlaine anzunehmen war.

Z u s a m m e n f a s s u n g

1. Undressierte Wespen befliegen schwarze geometrische Formen und ziehen dabei die konturreicheren den konturärmeren vor.

2. Wespen können Formen in vertikaler und horizontaler Lage sehr gut unterscheiden, wenn ihre Gliederung sehr verschieden ist. Sie können sowohl auf konturarme als auch auf konturreiche Formen dressiert werden. Versuche mit Bienen bringen die gleichen Resultate.

3. Wespen unterscheiden auch wenig gegliederte Strich- und Vollformen in vertikaler Lage (Dreieck, Kreis, Quadrat). Bienen leisten Ähnliches.

4. Die Formengröße spielt im allgemeinen beim Formensehen eine geringe Rolle. Nur Bienen unterscheiden kleine, ungegliederte Formen (Dreieck, Kreis) nicht mehr. Ein großer Teil der negativen Ergebnisse anderer Autoren dürfte hier auf die Verwendung zu kleiner Formen zurückzuführen sein.

5. Wespen können aus figural gleichen, aber verschieden großen Formen eine bestimmte Formengröße, auf die sie dressiert waren, herausfinden.

6. Geometrische Formen können ohne Schwierigkeit in andersfarbige, gleiche Formen übertragen werden, ohne daß das Unterscheidungsvermögen gestört wird. Helligkeitsunterschiede haben dabei eine größere Bedeutung als Formenunterschiede.

7. Bei ungegliederten vertikalen Formen kann die Dressurform um 30° um die Achse gedreht werden, ohne daß das Unterscheidungsvermögen beeinträchtigt wird.

8. Von ungegliederten vertikalen Formen können auch Formenteile geboten werden, ohne das Unterscheidungsvermögen zu beeinträchtigen. Das optische Feld der Wespen ist wie bei der Biene in links-rechts und oben-unten gegliedert.

9. Eine Lageänderung der Formen zum Flugloch stört das Unterscheidungsvermögen nicht; nur müssen die Formen eine bestimmte Größe aufweisen.

10. Ungegliederte Formen (Dreieck, Kreis) werden, wenn auch schwach, in horizontaler Lage unterschieden.

11. Formen, die sich Wespen in horizontaler Lage eingeprägt haben, werden in vertikaler Lage nicht mehr erkannt.

12. Wespen lernen zwei figural gleiche Formen nach dem Größenverhältnis unterscheiden; sie wählen also relativ.

13. Zwei Graustufen großer Helligkeitsdifferenz merken sich die Wespen ohne Verwendung von UV-absorbierenden Filtern absolut, was mit den Ergebnissen anderer Autoren übereinstimmt. Diese Autoren haben allerdings nicht den Einfluß des ultravioletten Lichtes für die Unterscheidung von Graustufen berücksichtigt. Bei Verwendung von UV-absorbierenden Filtern wählen die Wespen nämlich relativ.

14. Bei Graustufen geringer Helligkeitsdifferenz entscheiden sich die Wespen auch bei Verwendung von UV-absorbierenden Filtern relativ.

L i t e r a t u r

Baumgärtner, H.: Der Formensinn und die Sehschärfe der Biene. Z. vergl. Physiol. 7 (1928). - Bierens de Haan, I.A.: Über Wahlen nach relativen und absoluten Merkmalen. Z. vergl. Physiol. 7 (1928). - Buytendijk: Über die Formwahrnehmung beim Hunde. Pflügers Arch. 205 (1924). - Ehrenhardt, H.: Formensehen und Sehschärfe-Bestimmung bei Eidechsen. Z. vergl. Physiol.. - Freisling, J.: Die Nestorientierung von *Vespa germanica*. Z. vergl. Physiol. 2. - Friedländer, M.: Die Bedeutung des Fluglochs im optischen Feld der Biene. Z. vergl. Physiol. 15 (1931). - Frisch, K.v.: Der Farbensinn und Formensinn der Biene. Zool. Jb./Abt. allg. Zool. und Physiol. d. Tiere 35. - Aus dem Leben der Biene. Springer Vlg. 1953. - Herter, K.: Dressurversuche an Fischen. Z. vergl. Physiol. 10 (1929). - Hertz, M.: die Organisation im optischen Feld der Biene. Z. vergl. Physiol. 8, 11, 14.- Neue Versuche über das Gedächtnis der Honigbiene für Strukturen. Biol. Zbl. 52 (1932). - Über figurale Intensitäten und Qualitäten in der optischen Wahrnehmung der Biene. Biol. Zbl. 53. - Zur Physiologie des Formen- und Bewegungssehens. Z. vergl. Physiol. 20, 21. - Das optische Gestaltproblem im Tierversuch. Verh. Dt. Zool. Ges. 1929. - Ilse, D.: Zur Formwahrnehmung der Tagfalter. Z. vergl. Physiol. 17. - Köhler, O.: Das Ganzheitsproblem in der Biologie. Schriften d. Königsberger Gelehrten-ges. 1933. - Meesters, A.: Über die Organisation des Gesichtsfeldes der Fische. Z. f. Tierpsych. 4. - Opfinger, E.: Über die Orientierung der Biene an der Futterquelle. Z. vergl. Physiol.. - Pache, I.: Formensehen bei Fröschen. Z. vergl. Physiol. 17 (1932). - Portillo, Jesus del: Die Beziehung zwischen den Öffnungswinkeln der Ommatidien, Krümmung und Gestalt des Insektenauges und ihrer funktionellen Aufgabe. Z. vergl. Physiol. 23. - Verlaine, L.: L'instinct et l'intelligence chez les hyménoptères VII. L'abstraction. Ann. de la soc. roy. de Belgique 58 (1927). - L'instinct et l'intelligence chez les hyménoptères. 8. Note complémentaire sur l'abstraction. Bull. et ann. de la soc. ent. Belque 68 (1928). - Weiss, K.: Lernvorgang bei einfachen Labyrinthversuchen von Bienen und Wespen. Z. vergl. Physiol. 36 (1954). - Wiechert, E.: Zur Frage der Koordinaten des subjektiven Seh-raumes der Biene. Z. vergl. Physiol. 25 (1937). - Wolf, E.: Das Verhalten der Bienen gegenüber flimmernden Feldern und und bewegten Objekten. Z. vergl. Physiol.. - Zerrahn, G.: Form-dressur und Formunterscheidung bei der Honigbiene. Z. vergl. Physiol. 20 (1934).

Textangaben zu den Abbildungen

Abb. 1. Anflugsfront des Versuchskastens mit 5 Fluglöchern. Mittlere Öffnung frei, die übrigen verschlossen.

Abb. 2. Querschnitt durch die Versuchsanordnung für vertikale Formen am Nest. Die Wespen können den Versuchskasten über eine Porzellanröhre verlassen. Sie werden auf eine geometrische Form dressiert, die den Nesteingang markiert. Der Papierüberzug auf der Vorderseite der Versuchsanordnung soll eine Orientierung an anderen optischen Markierungen ausschalten. Die Rückseite schließt ein lichtundurchlässiger Vorhang ab, der den in die Sackgasse (nicht sichtbar) geratenen Tieren durch weniger eng anliegende Stellen den Weg ins Freie ermöglicht.

Abb. 3. a. Querschnitt durch die Versuchsanordnung für horizontale Formen am Nest. Die Wespen können das Nest im Inneren des Versuchskastens durch eine senkrechte Porzellanröhre verlassen. Den Nesteingang markiert eine geometrische Form, auf die dressiert wird. Sie liegt - wie die zwei Gegenformen - unter einer Glasplatte, die leicht von Duftspuren gereinigt werden kann. In die Sackgasse (markiert mit Gegenformen) geratene Tiere verlassen den Versuchskasten durch seitliche Ausflughöffnungen auf der Unterseite. Durch Drehung (1,5 Drehungen/min.) mit einem elektrischen Drehteller wird eine Ortsdressur ausgeschaltet.

b. Anordnung der Formen (Dreieck = Dressurform)

Abb. 4. Versuchsanordnung für horizontale Formen am Nest. Die Anordnung steht auf einem elektrischen Drehteller. Eine Porzellanröhre verbindet Nest und Versuchszylinder. Im Inneren ist das Wespennest sichtbar. Die mit einer Glasplatte abgedeckte Anflugsfront zeigt die Versuchsformen.

Abb. 5. Ein mit Papier überzogener Versuchskasten steht über einem Erdnest. Über ein Rohr und ein auswechselbares Papierröhrchen können die Wespen ins Freie gelangen. Der Nesteingang ist mit einer Form markiert.

Abb. 6. Futtertischchen mit Dressuranordnung. Auf einem Brettchen liegen unter einer Glasplatte Dressur- und Gegenformen (hier Graupapiere). Mit Zuckerwasser werden die Tiere auf eine bestimmte Form dressiert. Die Schälchen der Gegenformen enthalten Wasser. Durch Drehung der Anordnung wird eine Ortsdressur vermieden.

Abb. 7. Dressuranordnung für Versuche zur Spontantendenz. 4 Strahlenformen mit zentrischem Flugloch liegen zur Wahl vor.

Abb. 8. Ergebnisse der Versuche zur Spontantendenz am Nest mit Strahlenformen. Der Kreis veranschaulicht die prozentuale Verteilung der Anflüge mehrerer Versuche auf 4 verschiedenen stark gegliederte Strahlenformen. Der Grad der Gliederung der vorgelegten Formen ist in der Zeichnung durch die Strichstärke ausgedrückt. Die Zahlen über den Sektoren geben die Prozente der Anflüge wieder.

Abb. 9. Ergebnisse der Versuche zur Spontantendenz mit Schachbrettmustern am Nest. Der Grad der Gliederung der vorgelegten Formen kommt in der Zeichnung zum Ausdruck. a zeigt die Bevorzugung der konturreichsten Form. Am wenigsten befliegen die Wespen die konturärmste. Durch besondere Versuchsbedingungen verhielten sich die Wespen am darauffolgenden Tag im entgegengesetzten Sinn (b; siehe Text S. 6) Die Formen waren wie in Abb. 8 untereinander flächengleich.

Abb. 10. Ergebnisse der Versuche zur Spontantendenz mit Strahlenformen am Futterplatz. Die Wespen waren auf ein mit weißem Papier bezogenes Tischchen dressiert. In den Versuchen mußten sie zwischen 4 Strahlenformen wählen. a = Ergebnisse des ersten, b = Ergebnisse des zweiten Versuchstages.

Abb. 11. Ergebnisse der Versuche zur Spontantendenz mit Strahlenformen nach der Kästchenmethode. Die Wespen werden in einem Kartonkästchen mit horizontalem Flugloch gefüttert. In den Versuchen mußten sie zwischen 4 Kästchen, die mit Strahlenformen markiert waren, wählen. Sie entschieden sich für die konturärmste Form, da sie sich bei der Dressur die ungegliederte Umgebung des Flugloches als Form eingeprägt hatten.

Abb. 12. Die Einflugöffnung zu einem Wespennest wird mit grünen (Gras!) Kartonstreifen umgeben, damit den Tieren die Versuchsanordnung nicht zu unbekannt vorkommt. Zwischen den Streifen liegt die Einflugsöffnung.

Abb. 13a. Formen zur Untersuchung der Bedeutung der Formengröße bei der Formenunterscheidung.

13b die Versuchsergebnisse. Die schwarzen Flächen der Kreise veranschaulichen die Anflüge auf die Dressurformen, die weißen die Anflüge auf die Gegenformen.

Abb. 14. Vergleichsversuche über die Bedeutung der Formengröße bei Wespen und Bienen.

Abb. 15. Formen und Ergebnisse der Versuche über das Unterscheidungsvermögen bei verschiedenen großen Formen. Dressiert wurde auf das Quadrat C. Im Versuch sollten die Tiere aus 4 verschiedenen großen Formen die Dressurform herausfinden. Die Säulen drücken die Anflüge auf die Formen in Prozenten aus. Die gestrichelte Säule gibt die Anflüge auf die Dressurform wieder.

Abb. 16. Ergebnisvergleich von Einzel- und Massenanflügen. Einzelanflüge: Es sind nur die Erstwahlen der nummerierten Tiere festgehalten worden. Massenanflüge: Hier sind alle Anflüge von 2 Minuten gezählt worden. Das Ergebnis der Erstwahlen liegt günstiger als das der Massenanflüge.

Abb. 17. a Anordnung der Futterkästchen von oben für Versuche am Futterplatz mit ungegliederten Formen in horizontaler Lage. b Einzelnes Futterkästchen

Abb. 18. Formen und Ergebnisse zur Untersuchung relativer und absoluter Wahlen. Als Formen wurden die abgebildeten weißen Strichformen verwendet. b = Dressur-, c = Gegenform. Die Tiere wählen relativ. Die beiden ersten Resultate veranschaulichen die Dressurergebnisse des ersten und zweiten Versuchstages.

Abb. 19. Versuche mit Graustufen. a zeigt die Dressuranordnung für vertikale Formen am Nest. b - c veranschaulichen die verwendeten Formen im Maßstab 1 : 4.

Abb. 20. Versuchsanordnung mit Graustufen zur Untersuchung relativer und absoluter Wahlen. Die Helligkeitsdifferenzen der Graustufen sind in jeder Anordnung groß. Unter jeder Anordnung stehen die Gesamtergebnisse von 3 Versuchstagen. a = Dressuranordnung. In b und c wählen die Wespen absolut; in d fehlt die Dressurform, weshalb das Ergebnis unentschieden ausfällt. Auch das bedeutet absolute Wahl.

OSTW = Ostwaldpapier; PLAKKA = dunkelschwarzer Plakatkarton

Abb. 21. Versuchsanordnung mit Graustufen zur Untersuchung relativer und absoluter Wahlen. Die Helligkeitsdifferenzen der Graustufen sind in den Anordnungen sehr gering. a = Dressuranordnung; b und c = Anordnungen in den Transpositionsversuchen. Unter den Anordnungen stehen die Ergebnisse. Ostwald G = Dressurgraustufe. In den Transpositionsanordnungen wählen die Tiere stets die dunkle Form und somit relativ.

Abb. 22. Versuchsergebnisse mit Graustufen großer Helligkeitsdifferenz unter UV-absorbierenden Filtern. a = Dressurergebnis; b und c = Ergebnisse der Transpositionsversuche. OSTW. L = Dressurgraustufe. Bei b und c wählen die Tiere eindeutig negativ, d.h. relativ.

Abb. 23. Versuchsergebnisse mit Graustufen geringer Helligkeitsdifferenzen unter UV-absorbierenden Filtern. In den Transpositionsversuchen wählen die Wespen unabhängig von der Dressurgraustufe, also wiederum relativ. a = Dressurergebnis; b und c = Ergebnisse der Transpositionsversuche. OSTW. L = Dressurgraustufe

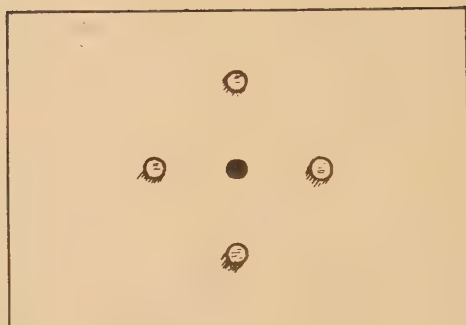


Abb.1

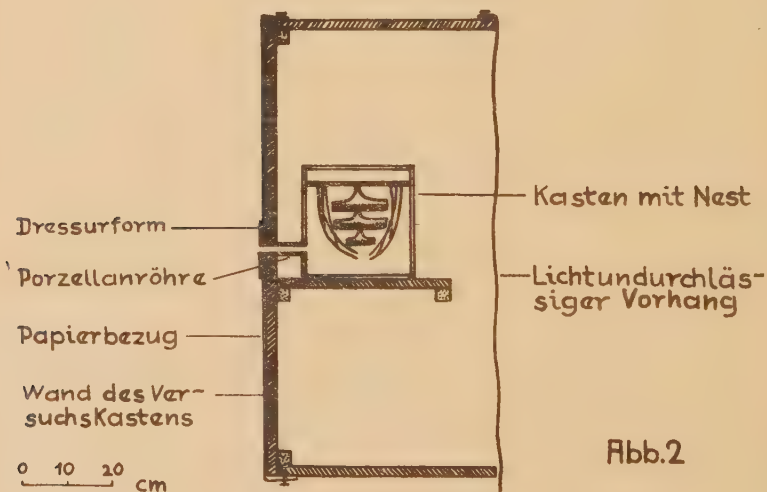


Abb.2

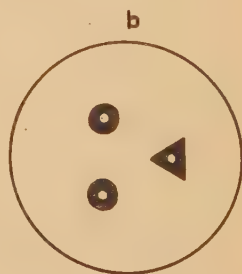
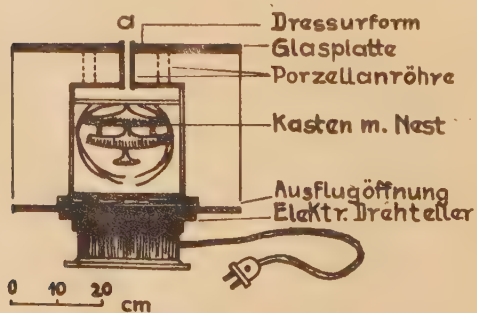


Abb.3

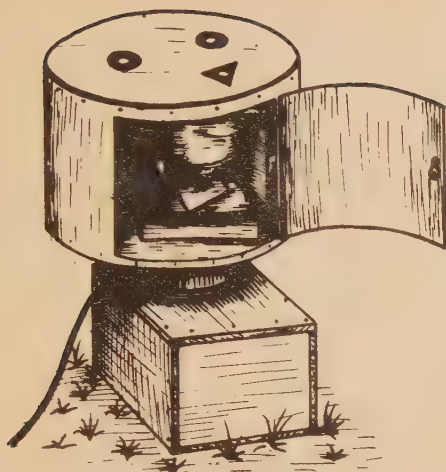


Abb.4

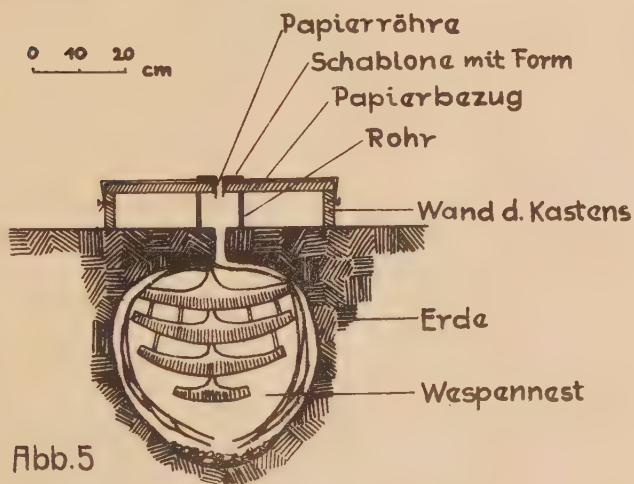


Abb.5

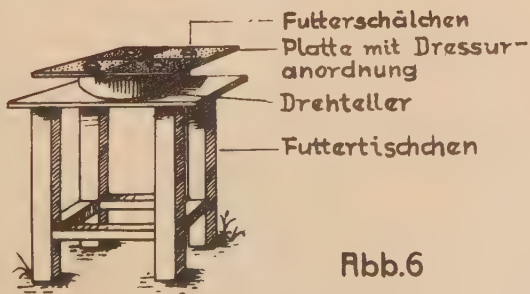


Abb.6

Dressurergebnis: Ergebnisse der Transpositionsversuche:

Formen: A-a

B-a

A-b

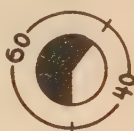


Abb.13 b

Dressur-
ergebnis:

Ergebnisse der Trans-
positionsversuche:

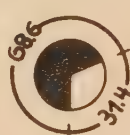
Formen:
(Abb.13)

C-c

D-d

B-b

Wespen:



Bienen:



Abb.14

C = Dressurform

0 3 6 cm



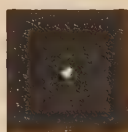
a



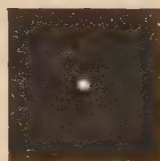
b



c



d



e

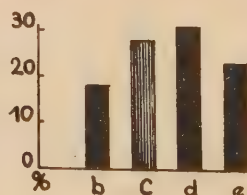
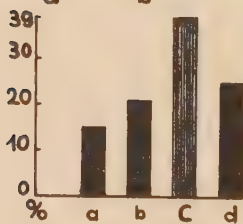


Abb.15

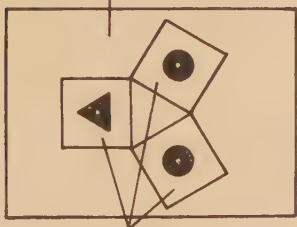
37
Einzelanflüge

95
Massenanflüge

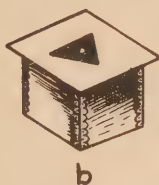


Abb. 16

Platte des Futtertischchens



Futterkästchen mit
horizontalem Flugloch

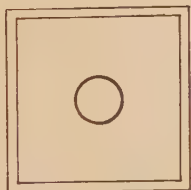


Anordnung der Futter -
Kästchen von oben

a

Abb. 17

a



0 5 cm

b



c



Formen:

$\underline{b} : c$

$\underline{b} : c$

$\underline{b} : a$



1.Tag

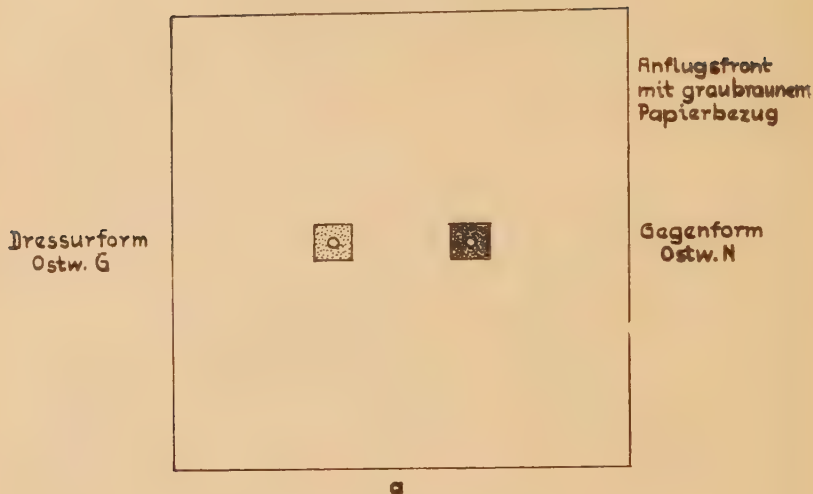


2.Tag



Abb. 18

Dressuranordnung:



Versuchsanordnungen:

Dressurform:

Gegenform:

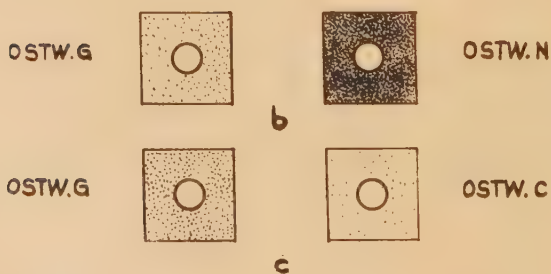


Abb. 19

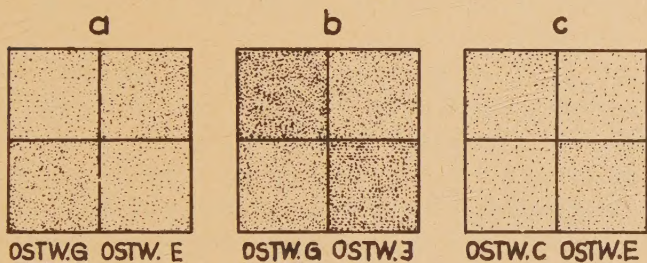
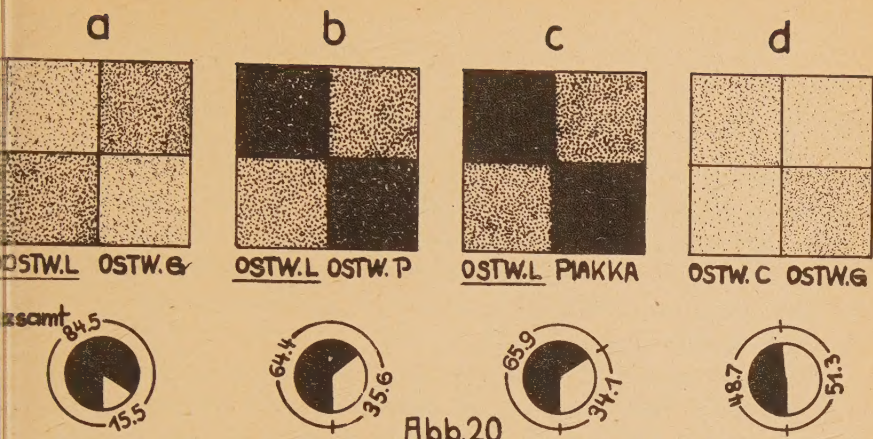


Abb. 21

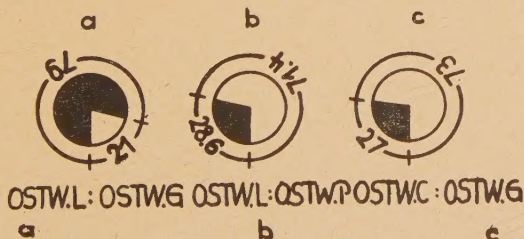


Abb. 22



Abb. 23

Mein Lebenslauf

Am 28. März 1931 wurde ich, Erwin Eigner, in Straubing geboren. Mein Vater, Maximilian Eigner, ist seit dem 1. Weltkrieg Schwerkriegsbeschädigter und wohnt mit meiner Mutter Fanny Eigner, geborene Braun, in Straubing. Ich bin römisch-katholischen Glaubens und besitze die deutsche Staatszugehörigkeit.

Von 1937 bis 1942 besuchte ich die Volksschule in Straubing und trat hier 1942 in die Oberschule für Jungen ein. Ab 1945 wählte ich für meine weitere Ausbildung das neuerstandene Humanistische Gymnasium, an dem ich 1951 mit Erfolg die Reifeprüfung ablegte.

Von 1951 bis 1956 studierte ich an der Universität München Naturwissenschaften und beendete hier auch mein Studium erfolgreich mit dem Staatsexamen für das Lehramt an Höheren Schulen in den Fächern Biologie, Chemie und Geographie. Im November 1958 schloß ich meine pädagogische Ausbildung in München mit der 2. Staatsprüfung ab. Seit dieser Zeit bin ich im Höheren Schuldienst tätig.

Von 1954 bis 1958 führte ich eine experimentelle Arbeit über das Formensehen der Wespen durch. Das Thema stellte Prof. Dr. Karl von Frisch.

